

**Hybrid-drive device e.g. for hybrid vehicle, has electric motor energized via fuel cell and combustion engine, by means of generator**

**Patent number:** DE10142923  
**Publication date:** 2002-04-18  
**Inventor:** BOLL WOLF (DE)  
**Applicant:** DAIMLER CHRYSLER AG (DE)  
**Classification:**  
- **international:** B60K6/02; F01P3/20  
- **european:** B60K6/04B8; B60K6/04H2; B60K6/04H6; F01P3/20  
**Application number:** DE20011042923 20010901  
**Priority number(s):** DE20011042923 20010901; DE20001046690 20000921

[Report a data error here](#)

**Abstract of DE10142923**

A hybrid drive device, especially for vehicles has at least one fuel-cell (3), a combustion engine (5), generator (6) and/or an electric motor (7) and a common cooling device (8) for the fuel-cell (3) and the combustion engine (5). The electric motor (7) is energized via the fuel cell and/or the combustion engine by means of the generator (6), as well as with the heat conducting medium (10) which links the combustion engine, the fuel cell, and the cooling device in a heat-conductive manner. A control device (11) controls a heat flow from the heat of the combustion engine (5) to the cooling device (8) and/or to the fuel cell (3). The flow of heat from the fuel cell (3) to the cooling device (8) and/or to the combustion engine (5), and/or from the heat of the cooling device (8) to the combustion engine and/or to the fuel cell (3) is also controlled by the control device (11).

---

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENT- UND  
MARKENAMT

(12) **Offenlegungsschrift**  
(10) **DE 101 42 923 A 1**

(51) Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**B 60 K 6/02**  
F 01 P 3/20

(21) Aktenzeichen: 101 42 923.1  
(22) Anmeldetag: 1. 9. 2001  
(43) Offenlegungstag: 18. 4. 2002

(66) Innere Priorität:

100 46 690. 7 21. 09. 2000

(72) Erfinder:

Boll, Wolf, Dr., 71384 Weinstadt, DE

(71) Anmelder:

DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

(54) Hybridantriebsvorrichtung und Verfahren zum Betreiben der Hybridantriebsvorrichtung

(57) Hybridantriebsvorrichtung für Fahrzeuge mit Brennstoffzellen- und Verbrennungsmotorantrieb. Die Hybridantriebsvorrichtung umfaßt wenigstens eine Brennstoffzelle, einen Verbrennungsmotor, einen Generator und/oder einen Elektromotor und eine gemeinsame Kühlleinrichtung für die Brennstoffzelle und den Verbrennungsmotor. Der Elektromotor ist als Fahrantrieb vorgesehen und wird von der Brennstoffzelle und/oder dem Verbrennungsmotor mittels des Generators mit Energie versorgt. Der Verbrennungsmotor, die Brennstoffzelle und die Kühlleinrichtung sind miteinander durch Wärmeleitungsmittel wärmeleitend verbunden und Steuermittel sind vorgesehen, über die eine Steuerung eines Wärmestromes von Wärme des Verbrennungsmotors zu der Kühlleinrichtung und/oder der Brennstoffzelle, von Wärme der Brennstoffzelle zu der Kühlleinrichtung und/oder dem Verbrennungsmotor, und/oder von Wärme der Kühlleinrichtung zu dem Verbrennungsmotor und/oder der Brennstoffzelle erfolgt.

## Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft eine Hybridantriebsvorrichtung und ein Verfahren zum Betreiben der Hybridantriebsvorrichtung.

[0002] Aus der WO 99/19161 ist ein Hybridfahrzeug bekannt, das durch eine Kombination einer Brennstoffzelle mit einer Gasturbine angetrieben wird. Als Fahrmotor ist ein Elektromotor vorgesehen, der an die Brennstoffzelle und einen Generator der Gasturbine angeschlossen ist. Die Brennstoffzelle und die Gasturbine sind so dimensioniert, daß ungefähr die Hälfte der erreichbaren Fahrzeugeistung über die Brennstoffzelle in Form elektrischer Energie zur Verfügung gestellt wird. Bei Leistungsanforderungen an das Fahrzeug, die unterhalb der maximalen Brennstoffzellenleistung liegen, wird die Antriebsleistung von der Brennstoffzelle und der mit Brennstoffzellen-Abgas betriebenen Gasturbine aufgebracht. Bei höherem Leistungsbedarf wird die Gasturbine zur Leistungssteigerung zusätzlich mit Kohlenwasserstoff-Brennstoff betrieben. Die Wärme des Gasturbinenabgases wird mittels eines Wärmetauschers zum Vorheizen der Zuluft der Brennstoffzelle und der Gasturbine verwendet.

[0003] Aus der WO 98/40922 ist ein Hybrid-Energieerzeugungssystem mit einer Brennstoffzelle und einem Verbrennungsmotor bekannt. Kohlenwasserstoff-Brennstoff wird zunächst in einem Pyrolysereaktor in einen Wasserstoff enthaltenden Brennstoffanteil und einen Rest-Brennstoff aufgespalten. Mit dem Wasserstoff enthaltenden Anteil wird die Brennstoffzelle betrieben, die die Energie für einen Elektromotor liefert. Der Rest-Brennstoff ist als Treibstoff für den Verbrennungsmotor vorgesehen. Die Arbeit des Verbrennungsmotors wird als mechanische Energie zur Verfügung gestellt oder mittels eines Generators als elektrische Energie dem Elektromotor zugeführt. Die Abgaswärme des Verbrennungsmotors wird zum Aufheizen des Pyrolysereaktors und zum Vergasen des Kohlenwasserstoff-Brennstoffes eingesetzt. Das Hybrid-Energieerzeugungssystem ist zum Antrieb von Kraftfahrzeugen vorgesehen.

[0004] In der älteren Patentanmeldung DE 199 13 794 A1 ist ein Fahrzeug mit einem Brennstoffzellenantrieb und einem Brennkraftmaschinenantrieb vorgeschlagen worden. Die Brennkraftmaschine ist über eine Kupplung mit einem Antriebsstrang des Fahrzeugs verbunden und die Brennstoffzelle speist einen Elektromotor, der an dem Antriebsstrang ankuppelbar ist. Der Brennkraftmaschinenantrieb wird in einer Startphase als Antrieb des Fahrzeuges bis zum Warmlaufen des Brennstoffzellenantriebes eingesetzt und gewährleistet eine sofortige Fahrbereitschaft. In der Startphase wird der Brennkraftmaschinenantrieb außerdem zum Aufheizen des Brennstoffzellenantriebs auf Betriebstemperatur verwendet. Dazu werden die Abgase der Brennkraftmaschine an der Brennstoffzelle entlang geführt und die Brennstoffzelle und die Brennkraftmaschine sind an einem gemeinsamen Kühlern angeschlossen. Nach Erreichen der Betriebstemperatur des Brennstoffzellenantriebes wird das Antriebsmoment des Fahrzeug von dem Brennstoffzellenantrieb allein oder bei höherem Leistungsbedarf zusammen mit dem Brennkraftmaschinenantrieb aufgebracht.

[0005] Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde einen Hybridantrieb aus Brennstoffzelle und Verbrennungsmotor, der eine sofortige Fahrbereitschaft auch bei einem Kaltstart gewährleistet, dahingehend weiterzuentwickeln, daß ein einfacher gewichtssparender Aufbau, eine verbesserte Energiebilanz und ein emissionsarmer Betrieb des Verbrennungsmotors, insbesondere in der Startphase, erreicht werden.

[0006] Zur Lösung dieser Aufgabe wird zum einen ein Hybridantrieb mit den Merkmalen des Anspruches 1 und

zum anderen ein Verfahren zum Betreiben des Hybridantriebes mit den Merkmalen des Anspruches 11 vorgeschlagen.

[0007] Demnach umfaßt eine erfundungsgemäße Hybridantriebsvorrichtung wenigstens eine Brennstoffzelle, einen Verbrennungsmotor, einen Generator, einen Elektromotor und eine gemeinsame Küleinrichtung für die Brennstoffzelle und den Verbrennungsmotor, wobei der Elektromotor von der Brennstoffzelle und/oder dem Verbrennungsmotor mittels des Generators mit Energie versorgt wird, sowie Wärmeleitungsmittel, die den Verbrennungsmotor, die Brennstoffzelle und die Küleinrichtung miteinander wärmeleitend verbinden, und wobei Steuermittel vorgesehen sind, über die eine Steuerung eines Wärmestromes von Wärme des Verbrennungsmotors zu der Küleinrichtung und/oder der Brennstoffzelle, von Wärme der Brennstoffzelle zu der Küleinrichtung und/oder dem Verbrennungsmotor, und/oder von Wärme der Küleinrichtung zu dem Verbrennungsmotor und/oder der Brennstoffzelle erfolgt. Statt den beiden als Generator und Elektromotor verwendeten Elektromaschinen können auch eine oder zwei Elektromaschinen als Generator und/oder Elektromotor eingesetzt werden.

[0008] Durch die wärmeleitende Verbindung von Küleinrichtung, Verbrennungsmotor und Brennstoffzelle untereinander sowie die Steuermittel wird erreicht, daß die von dem Verbrennungsmotor und/oder der Brennstoffzelle erzeugte Wärme in Abhängigkeit vom Betriebszustand vor teilhaft genutzt bzw. verteilt werden kann. Bei Betrieb der Brennstoffzelle oder des Verbrennungsmotors kann die Abwärme unmittelbar zu der jeweils anderen Komponente geleitet werden und zum Aufheizen auf bzw. zum Aufrechterhalten der Betriebstemperatur dienen.

[0009] Beim Kaltstart ist durch den Verbrennungsmotor eine sofortige Fahrbereitschaft gewährleistet. Die Abwärme

des Verbrennungsmotors wird über die Steuermittel zumindest teilweise zur Brennstoffzelle geleitet und Heizen diese auf Betriebstemperatur. Die gemeinsame Küleinrichtung kann dabei ganz oder teilweise aus dem Kühlkreislauf aus gekoppelt sein. Der Leistungsbedarf bei mittleren Fahrforderungen, z. B. im Stadtverkehr, kann allein über den Betrieb der Brennstoffzelle gedeckt werden. Über die Steuermittel kann mit der Abwärme der Brennstoffzelle der nicht im Betrieb befindliche Verbrennungsmotor auf Betriebstemperatur gehalten werden, so daß bei erhöhtem Leistungsbedarf der Verbrennungsmotor betriebswarm zugeschaltet werden kann. Dieses führt zu besseren Emissionswerten und einem geringeren Motorenverschleiß. Wenn die Brennstoffzelle und der Verbrennungsmotor gemeinsam betrieben werden, kann die erzeugte Wärme der gemeinsamen Küleinrichtung zugeführt und dort an die Umgebung abgegeben werden. Die Küleinrichtung kann dabei so ausgelegt sein, daß eine zeitweilige Wärmespeicherung, z. B. durch eine entsprechende Wahl eines Kühlmediums oder einen zusätzlichen Wärmespeicher, ermöglicht wird. Diese Wärme kann der Brennstoffzelle und/oder dem Verbrennungsmotor in der Startphase zugeführt werden, um die Dauer der Startphase zu verkürzen.

[0010] Das Drehmoment für die Fortbewegung des Fahrzeugs wird sowohl beim Verbrennungsmotor- und als auch

beim Brennstoffzellenbetrieb von dem Elektromotor aufgebracht. Es müssen daher nicht die Drehmomente von Elektromotor und Verbrennungsmotor mit unterschiedlicher Charakteristik über mechanische Mittel, wie entsprechend ausgelegte Getriebe, zusammengeführt sowie für jeden Motor eine Motorsteuerung vorgesehen werden, wodurch sich der Aufbau des Antriebes vereinfacht. Elektromotoren, z. B. in Form von Asynchronmotoren, erreichen hohe Drehzahlen bis 20.000 min<sup>-1</sup>. Dieses ermöglicht eine Reduzierung der

notwendigen Untersetzungsstufen und führt damit zu einfachen und kompakten Getrieben. Da die Fortbewegung des Fahrzeuges über den Elektromotor gesteuert wird, muß der Verbrennungsmotor nicht über einen weiten Drehzahlbereich betrieben werden bzw. steuerbar sein. Die Drehzahl des Motors kann vielmehr vorteilhaft hinsichtlich Wirkungsgrad und Emission festgelegt bzw. der Verbrennungsmotor kann konstruktiv auf die Drehzahlvorgabe des Generators abgestimmt werden. Dadurch können auch in der Startphase günstige Emissionswerte des Verbrennungsmotors erzielt werden.

[0011] Andererseits kann auch jeder andere vorbekannte Hybridantrieb in Kombination mit einer Brennstoffzelle mit dem Erfindungsgegenstand ausgerüstet werden.

[0012] Bei einem erfundungsgemäßen Verfahren zum Betreiben einer Hybridantriebsvorrichtung wird das Antriebsmoment der Antriebsvorrichtung bis zum Erreichen einer Betriebstemperatur der Brennstoffzelle bzw. des Brennstoffzellensystems durch den Verbrennungsmotor mittels des Generators und des Elektromotor erzeugt und die Brennstoffzelle bzw. das Brennstoffzellensystem werden mit den elektrischen Heizmitteln und der Abwärme des Verbrennungsmotors, die über die Wärmeleitungsmittel und die Steuermittel zumindest teilweise zur Brennstoffzelle bzw. zum Brennstoffzellensystem geleitet werden, auf Betriebstemperatur erhitzt.

[0013] Mit dem erfundungsgemäßen Verfahren ist das Fahrzeug auch bei einem Kaltstart sofort fahrbereit. Der Verbrennungsmotor dient beim Kaltstart zum Fahrantrieb und zum Aufheizen des Brennstoffzellenantriebs. Das Antriebskonzept von Verbrennungsmotor, Generator und Elektromotor ermöglicht einen emissionsarmen Verbrennungsmotorbetrieb bei optimaler Drehzahl hinsichtlich Wirkungsgrad und Emission. Mit dem erfundungsgemäßen Verfahren wird somit eine kurze und emissionsarme Kaltstartphase erreicht.

[0014] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung umfaßt die Hybridantriebsvorrichtung ein Brennstoffzellensystem mit wenigstens einer Brennstoffzelle und einer Gaserzeugungseinrichtung zum Erzeugen von wasserstoffhaltigem Gas für die Brennstoffzelle. Dadurch wird es möglich, daß die Antriebsvorrichtung mit geeigneten Kraftstoffen, wie Benzin und Diesel, Alkoholen, insbesondere Methanol, sowie anderen Kohlenwasserstoffbrennstoffen, betrieben werden kann, ohne daß für die Brennstoffzelle separat Wasserstoff im Fahrzeug mitgeführt werden muß.

[0015] Bei einer zweckmäßigen Fortbildung der Erfindung sind das Brennstoffzellensystem oder Komponenten des Brennstoffzellensystems, wie beispielsweise Brennstoffzelle, Gaserzeugungseinrichtung, Verdampfer, Gasreinigungsstufen wie CO-Shift- oder CO-Oxidations-Stufe, über die Wärmeleitungsmittel und die Steuermittel mit dem Verbrennungsmotor und der Kühlseinrichtung wärmeleitend verbunden. Dadurch sind das Brennstoffzellensystem bzw. Komponenten des Brennstoffzellensystems in den Kühlkreislauf eingebunden und die erzeugte Wärme kann in Abhängigkeit vom Betriebszustand der Komponenten abgeführt bzw. zu diesen hingeleitet werden. Damit kann eine vorteilhafte Wärmeverteilung erreicht werden.

[0016] Bei einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung werden der Verbrennungsmotor und die Brennstoffzelle bzw. das Brennstoffzellensystem mit dem gleichen Brennstoff betrieben. Es ist nur eine Art von Brennstoffspeicher mit Speicherbehälter und Zuleitungen notwendig, wodurch ein einfacherer, gewichtsparender und kostengünstiger Aufbau erreicht wird.

[0017] Bei einer weiteren vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind für die Brennstoffzelle bzw. das Brenn-

stoffzellensystem elektrische Heizmittel vorgesehen. Die elektrischen Heizmittel ermöglichen ein schnelles Aufheizen der Brennstoffzelle bzw. des Brennstoffzellensystems oder einzelner Komponenten auf Betriebstemperatur. Sie

5 sind ohne zusätzlichen Aufwand an den vorhandenen Generator anschließbar. Der Brennstoffzellenantrieb kann beim Kaltstart noch schneller auf Betriebstemperatur aufgeheizt werden, da die elektrischen Heizmittel die Wärme im Gegensatz zur Abwärme des Verbrennungsmotors ohne Verzögerung abgeben.

[0018] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung des Verfahrens werden die Brennstoffzelle bzw. das Brennstoffzellensystem zusätzlich mit dem elektrischen Heizmittel auf Betriebstemperatur erhitzt. Durch die Kombination von elektrischem Heizmittel und Abwärme wird zeitlich ein schnelles Erreichen der Betriebstemperatur und damit ein rascher Übergang zum emissionsarmen Brennstoffzellenantrieb gewährleistet.

[0019] Bei einer zweckmäßigen Fortbildung des Verfahrens wird eine aus vorherigem Betrieb der Antriebsvorrichtung in der Kühlseinrichtung vorhandene Restwärme über die Wärmeleitungsmittel und die Steuermittel zum Verbrennungsmotor und/oder zur Brennstoffzelle bzw. zum Brennstoffzellensystem geleitet. Durch dieses Verfahren wird die 15 Energiebilanz verbessert und die Dauer der Startphase abgekürzt.

[0020] Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des Verfahrens wird bei Betrieb der Brennstoffzelle und nicht im Betrieb befindlichen Verbrennungsmotor die Abwärme der Brennstoffzelle bzw. des Brennstoffzellensystems über die Wärmeleitungsmittel und die Steuermittel zumindest teilweise zu dem Verbrennungsmotor geleitet, um die Betriebstemperatur des Verbrennungsmotors aufrechtzuerhalten. Bei erhöhtem Leistungsbedarf kann der Verbrennungsmotor

30 dem Brennstoffzellenantrieb jederzeit betriebswarm zugeschaltet werden. Der Verbrennungsmotor weist im betriebswarmen Zustand günstigere Emissionswerte und einen geringeren Verschleiß auf. In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung kann eine mechanische Überbrückung von der 35 Brennkraftmaschine zur Elektroantriebsmaschine und/oder zur Antriebsachse gegebenenfalls mit wandelbarer Übersetzung dargestellt werden. Dadurch kann die Elektroantriebsmaschine kleiner dimensioniert werden.

[0021] Weitere Vorteile und Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den restlichen Unteransprüchen sowie aus der Beschreibung und der beiliegenden Zeichnung.

[0022] Die Erfindung ist anhand von Ausführungsbeispielen in den Zeichnungen dargestellt und wird im folgenden unter Bezugnahme auf die Zeichnungen näher erläutert.

[0023] Es versteht sich, daß die vorstehend genannten und die nachstehend noch zu erläuternden Merkmale nicht nur in der jeweils angegebenen Kombination, sondern auch in anderen Kombinationen oder in Alleinstellung verwendbar sind, ohne den Rahmen der vorliegenden Erfindung zu verlassen.

[0024] Es zeigt:

[0025] Fig. 1 eine schematische Darstellung einer erfundungsgemäßen Antriebsvorrichtung; und

[0026] Fig. 2 eine schematische Darstellung einer erfundungsgemäßen Antriebsvorrichtung in einer alternativen Ausführungsform mit einer Wärmespeichereinrichtung; und

[0027] Fig. 3 eine schematische Darstellung einer erfundungsgemäßen Antriebsvorrichtung in einer alternativen 65 Ausführungsform mit einer Hochtemperaturspeichereinrichtung.

[0028] Die in Fig. 1 dargestellte erfundungsgemäße Antriebsvorrichtung 1 umfaßt ein Brennstoffzellensystem 2,

welches gegebenenfalls aus mindestens einer Brennstoffzelle 3 und einer Gaserzeugungseinrichtung 4 besteht, einen Verbrennungsmotor 5, einen Generator 6, einen Elektromotor 7 und eine Kühleinrichtung 8.

[0029] Das Brennstoffzellensystem 2 ist aus der mindestens einen Brennstoffzelle 3 aufgebaut. Üblicherweise werden mehrere Brennstoffzellen zu einem sogenannten Brennstoffzellenstack zusammengefaßt. Die Anzahl der eingesetzten Brennstoffzellen bzw. die Anordnung und Verschaltung mehrerer Brennstoffzellenstacks richtet sich nach den geforderten Leistungsdaten, d. h. im wesentlichen den Anforderungen an Strom und Spannung hinsichtlich des verwendeten Elektromotors bzw. der Elektromotoren. Das Brennstoffzellensystem 2 umfaßt zweckmäßigerweise eine Gaserzeugungseinrichtung 4, die aus geeigneten kohlenwasserstoffhaltigen Brennstoffen ein wasserstoffhaltiges Gas erzeugt. Als Brennstoffe kommen insbesondere Alkohole wie Methanol, konventionelle Treibstoffe wie Benzin und Diesel, Natural Gas und Liquified Petrol Gas in Frage, die beispielsweise durch partielle Oxidation oder Wasserdampfreformierung in das wasserstoffreiche Gas umgewandelt werden. Der Gaserzeugungseinrichtung sind (nicht dargestellte) Gasreinigungsstufen wie Shift-Stufe oder CO-Oxidationsstufe nachgeschaltet.

[0030] Der Verbrennungsmotor 5 und das Brennstoffzellensystem 2 werden zweckmäßigerweise mit dem gleichen Brennstoff, mit Wasserstoff bei Abwesenheit einer Gaserzeugungsvorrichtung 4, ansonsten mit den zuvor genannten Brennstoffen betrieben. Als Verbrennungsmotor 5 können beispielsweise Diesel- oder Ottomotoren vorgesehen sein, die hinsichtlich Drehzahl, Hubvolumen, Emission etc. für einen Generatorantrieb ausgelegt sind. Generator 6 und Verbrennungsmotor 5 sind über eine Welle 13 miteinander verbunden.

[0031] Der Verbrennungsmotor 5, das Brennstoffzellensystem 2 und die Kühleinrichtung 8 sind über Wärmeleitungsmittel 10 untereinander wärmeleitend verbunden. Im Ausführungsbeispiel sind die Wärmeleitungsmittel 10 als Leitungen und die Kühleinrichtung 8 als ein Kühler ausgeführt, in denen eine Kühlflüssigkeit zirkuliert. Zur Unterstützung der Kühlung ist am Kühler 8 ein Gebläse 16 vorgesehen. In den Leitungen 10 sind steuerbare Ventile, beispielsweise Dreiegeventile, als Steuermittel 11 angeordnet. Die Kühleinrichtung 8 kann durch entsprechende Wahl des Kühlmediums oder durch (nicht dargestellte) Wärmespeicher für eine zeitweise Wärmespeicherung vorgesehen werden. Die gespeicherte Wärme kann zum Erwärmen von Brennstoffzelle 3 und/oder Verbrennungsmotor 5 verwendet werden. Die Masse des Verbrennungsmotors 5 selbst kann auch als Wärmespeicher bzw. Wärmepuffer dienen, um beispielsweise einen gemittelten Betrieb der Kühleinrichtung 8 vorzusehen.

[0032] Daneben wäre es auch denkbar, zusätzliche Wärmespeichereinrichtungen und/oder Hochtemperaturspeicher als eigenständige Bauteile einzusetzen, wie dies später anhand von Fig. 2 und Fig. 3 noch eingehend erläutert wird.

[0033] Der Fluß der Kühlflüssigkeit und damit der Wärmestrom kann über die Ventile 11 im Kühlkreislauf aus Brennstoffzellensystem 2, Verbrennungsmotor 5 und Kühler 8 gesteuert werden. Durch eine entsprechende Stellung des Dreiegeventils 11a kann die Kühlflüssigkeit von dem Verbrennungsmotor 5 ausschließlich zum Kühler 8, ausschließlich zum Brennstoffzellensystem 2 oder in einem entsprechenden Verhältnis sowohl zum Kühler 8 als auch zum Brennstoffzellensystem 2 geleitet werden. Über das Dreiegeventil 11b erfolgt eine Steuerung der Kühlflüssigkeit zum Verbrennungsmotor 5. Über eine entsprechende Stellung der Dreiegeventile 11a und 11b können somit das Brennstoff-

zellensystem 2, der Verbrennungsmotor 5 oder der Kühler 8 ganz oder teilweise aus dem Kühlkreislauf ein- bzw. ausgetrennt werden. Pumpen 12 dienen zur Unterstützung der Zirkulation der Kühlflüssigkeit im Kühlkreislauf.

[0034] In Abhängigkeit von der jeweiligen Betriebsart, d. h. vom Betriebszustand von Brennstoffzellensystem 2 und Verbrennungsmotor 5, kann die im Verbrennungsmotor 5 und/oder der Brennstoffzelle 3 bzw. dem Brennstoffzellensystem 2 erzeugte Wärme an die jeweils anderen Komponenten des Kühlkreislaufs verteilt werden.

[0035] Bei einem Kaltstart werden die Dreiegeventile 11 so eingestellt, daß der Kühler 8 vollständig oder teilweise aus dem Kühlkreislauf ausgetrennt wird, so daß die Abwärme des Verbrennungsmotors 5 dem Brennstoffzellensystem 2 zugeleitet wird. Außerdem wird über (nicht dargestellte) Schaltmittel eine elektrische Heizung 17 in Betrieb gesetzt, die zumindest auf einzelne Komponenten des Brennstoffzellensystems 2 wie Brennstoffzelle 3 oder Gaserzeugungseinrichtung 4, wirkt. Die elektrische Heizung 17 ist über Leitungen 18 an den Generator 6 angeschlossen, so daß mit Starten des Verbrennungsmotors 5 über den Generator 6 die benötigte Energie bereitgestellt wird. Zusätzlich können (nicht dargestellte) Energiespeicher, beispielsweise eine Batterie, vorgesehen sein, deren Energie insbesondere in der Startphase zur Verfügung steht. Ein Aufladen der Batterie kann über den Generator 5 erfolgen.

[0036] Nach Erreichen der Betriebstemperatur des Brennstoffzellensystems 2 wird das Fahrzeug vorzugsweise nur über das Brennstoffzellensystem 2 angetrieben. Die Ventile 11 werden so eingestellt, daß ein Anteil der von dem Brennstoffzellensystem 2 erwärmten Kühlflüssigkeit im Kühlkreislauf des Verbrennungsmotors 5 zirkuliert und diesen so auf Betriebstemperatur hält. Bei gleichzeitigem Betrieb von Verbrennungsmotor 5 und Brennstoffzellensystem 2 wird die Ventileinstellung so gewählt, daß über die Kühleinrichtung 8, gegebenenfalls durch Zuschalten des Gebläses 16 eine ausreichende Kühlung von Brennstoffzellensystem 2 und Verbrennungsmotor 5 gewährleistet ist.

[0037] Als Fahrantrieb für das Fahrzeug ist mindestens ein Elektromotor 7 vorgesehen, der das mechanische Drehmoment zum Fahrzeugantrieb erzeugt. Es sind aber auch mehrere Elektromotoren, beispielsweise an jeder Achse oder jedem Rad eines Fahrzeuges möglich. Der Elektromotor 7 ist über Anschlußleitungen 14 und 15 mit dem Brennstoffzellensystem 2 und dem Generator 6 verbunden. Über (nicht dargestellte) Steuereinrichtungen wird die Drehzahl des Elektromotors 7 sowie das Umschalten bzw. das Zuschalten des Generators 6 oder der Brennstoffzelle 3 gesteuert. Der Elektromotor 7 treibt ein (nicht dargestelltes) Getriebe an, das entsprechend des Drehzahlbereiches des Elektromotors unterstützt ist und das Antriebsmoment letztlich auf die Antriebsräder überträgt. Zusätzlich können (nicht dargestellte) Kupplungs- und Getriebemittel vorgesehen sein, die eine unmittelbare Nutzung des Verbrennungsmotors 5 zum Vortrieb ermöglichen, beispielsweise bei Defekt des Elektromotors 7 oder besonders hohem Leistungsbedarf.

[0038] Günstig ist, eine mechanische Überbrückung von der Brennkraftmaschine zur Elektroantriebsmaschine und/oder zur Antriebsachse gegebenenfalls mit wandelbarer Übersetzung vorzusehen. Dadurch kann die Elektroantriebsmaschine kleiner dimensioniert werden. In einer Weitergestaltung der Erfindung kann der Generator entfallen, um den Leistungsbedarf zu vermindern.

[0039] Die Ausführungsvariante gemäß Fig. 2 kann als optionale, um eine Wärmespeichereinrichtung 19 ergänzte Variante vorgesehen werden. Auch für diese Variante gelten die oben angeführten Ausgestaltungen und Weiterbildungen

vergleichbar. Neben der zusätzlichen Wärmespeichereinrichtung 19 ist das in Fig. 2 dargestellte Ausführungsbeispiel lediglich um die Verbindungen des Wärmeleitungsmittels 10 zu der Wärmespeichereinrichtung 19 ergänzt. Um die Wärmespeichereinrichtung 19 nun zum Speichern und wieder Abgeben der Wärme an das Wärmeleitungsmittel 10 nutzen zu können, müssen dementsprechend die Ventile 11 in dem hier vorliegenden Ausführungsbeispiel als Vierwegeventile 11a', 11b' ausgebildet sein. Ansonsten verhalten sich die Möglichkeiten hinsichtlich des Einsatzes einer derartigen Antriebsvorrichtung 1 analog zu dem bereits gesagten, mit dem Unterschied daß hier mehr Wärme eingespeichert werden kann, so daß die Energieausnutzung verbessert wird.

[0040] Die Wärmespeichereinrichtung 19 kann dabei als feste oder fluidische Masse ausgebildet sein, welche idealerweise eine Isolation gegenüber der Umgebung aufweist. Im Gegensatz zu der Masse des Brennstoffzellensystems 2 bzw. der Brennstoffzelle 3 und des Verbrennungsmotors 5 kann in einer derartigen Wärmespeichereinrichtung 19 die Wärme über einen längeren Zeitraum gespeichert werden. So ist es beispielsweise denkbar, daß die eingespeicherte Wärme auch bei einer längeren Standzeit der Antriebsvorrichtung 1, z. B. über den Zeitraum einiger Stunden, auf einem so hohen Temperaturniveau zur Verfügung steht, daß diese den Wiederstart bzw. die Anwärmung der Antriebsvorrichtung 1 für den Wiederstart in idealer Weise unterstützen kann.

[0041] Neben der hier dargestellten Lage der Wärmespeichereinrichtung 19 wäre es auch denkbar, diese im Bereich der Kühleinrichtung 8 anzutragen, wie dies oben bereits kurz angedeutet wurde. Dabei wäre dann eine Einsparung an Leitungslängen sowie die Weiterverwendung der Dreizeiventilen 11a, 11b möglich.

[0042] In Fig. 3 ist eine weitere alternative Ausführungsform der Antriebsvorrichtung 1 dargestellt. Darin ist ein Abgasstrang 20 der Verbrennungsmaschine 5 mit einem Krümmer 21, einem Katalysator 22 und einem Endschalldämpfer 23 prinzipiell angedeutet. Des weiteren ist eine Wärmetauscheinrichtung 24 zu erkennen, welche in einer wärmeleitenden Verbindung mit einer Hochtemperatspeichereinrichtung 25 steht. Die Wärmetauscheinrichtung 24 erlaubt es, einen Teil der in dem Abgas der Verbrennungsmaschine 5 enthaltenen thermischen Energie in die Hochtemperatspeichereinrichtung 25 einzuladen, wenn die Verbrennungsmaschine 5 betrieben wird. In idealer Weise wird hierfür die Wärmetauscheinrichtung 24 als Rohrwärmetauscher ausgebildet, welcher über einen Wärmeträgermedium, hier insbesondere ein Druckgas, mit der Hochtemperatspeichereinrichtung 25 in Verbindung steht. Der einfache und kostengünstige Aufbau eines derartigen Rohrwärmetauschers als Wärmetauscheinrichtung 24 erlaubt es, daß dieser auch bei Dauerbetrieb, nachdem die Hochtemperatspeichereinrichtung 25 bereits bis zu ihrer maximalen Speicherkapazität aufgefüllt ist, in dem Abgasstrang 20 verbleiben kann, so daß auf teure, komplizierte und störanfällige Umschaltelelemente zur Verhinderung der Überhitzung des Wärmeträgermediums verzichtet werden kann.

[0043] Die Hochtemperatspeichereinrichtung 25 kann dabei vergleichbar zu der Wärmespeichereinrichtung 19 ausgebildet sein, wobei gegebenenfalls ein weiterer Wärmetauscher zum Übertrag der Wärme auf die Wärmeleitungsmittel 10 vorgesehen sein kann. Durch das Einspeichern von Wärme in der Hochtemperatspeichereinrichtung 25 auf einem sehr hohen Temperaturniveau kann die Wärme über einen entsprechend langen Zeitraum gespeichert werden, ehe sie sich auf ein Temperaturniveau abkühlt, welches für die Verwendung, beispielsweise beim Kaltstart der Antriebsvorrichtung 1, uninteressant ist.

[0044] In besonders günstiger Weise wird die in der Hochtemperatspeichereinrichtung 25 eingespeicherte Wärme dabei so genutzt, daß je nach Bedarf zunächst Wärme auf einem weitaus niedrigeren Temperaturniveau, welches sich beispielsweise in den Komponenten, also in der Brennstoffzelle 3, in dem Verbrennungsmotor 5 und falls vorhanden in dem Gaserzeugungssystem 4 befindet in der Antriebsvorrichtung 1 zu Vorheizzwecken ausgetauscht wird. Die Wärme kann von der Verbrennungsmaschine 5 zu der Brennstoffzelle 3 bzw. dem Brennstoffzellensystem 2 geleitet werden, oder auch in umgekehrter Richtung, wie es oben bereits beschrieben wurde, je nach Betriebszustand der Antriebsvorrichtung 1. Falls die optionale Wärmespeichereinrichtung 19 in der Antriebsvorrichtung 1 vorhanden ist, so kann diese selbstverständlich in dieses System mit einbezogen werden, da auch in ihr Wärme auf dem niedrigeren Temperaturniveau, im allgemeinen dem Temperaturniveau der Kühlflüssigkeit im Kühlkreislauf, eingespeichert ist. Anschließend an diese Vorheizphase wird dann die Wärme aus der Hochtemperatspeichereinrichtung 25, welche sich auf deutlich höherem Temperaturniveau befindet, entnommen und den Komponenten mit Wärmebedarf zugeleitet. Zum Transport der Wärme dient auch hier der Kühlkreislauf mit dem Wärmeleitungsmittel 10.

[0045] Durch diese Verfahrensweise kann mit relativ geringen Wärmemengen aus der Hochtemperatspeichereinrichtung 25 bereits eine ausreichend hohe Starttemperatur für die vorzuheizenden Komponenten erreicht werden, so daß bei einem derartigen Verfahren die Hochtemperatspeichereinrichtung 25 entsprechend klein und damit kostengünstig ausgeführt werden kann. Durch das Vorheizen der Verbrennungsmaschine 5 lassen sich dabei z. B. die Startemissionen verringern, bei der Gaserzeugungseinrichtung 4 wird der direkte Start so überhaupt erst möglich.

[0046] Selbstverständlich muß bei einem derartigen kaskadenartigen Vorheizverfahren darauf geachtet werden, daß beim Eintrag von Wärme aus der Hochtemperatspeichereinrichtung 25 in die Wärmeleitungsmittel 10 die gegebenenfalls zusätzlich vorhandene Wärmespeichereinrichtung 19, welche zu dem Zeitpunkt im allgemeinen "leer" sein wird, nicht von den Wärmeleitungsmitteln 19 durchströmt wird, da die Wärmespeichereinrichtung 19 ansonsten einen Teil der für die Vorheizung der jeweiligen Komponente gedachte Wärme aus der Hochtemperatspeichereinrichtung 25 aufnehmen würde, welche dann für den bestimmungsgemäßen Zweck nicht mehr zur Verfügung stünde.

[0047] Beim Einsatz einer derartigen Hochtemperatspeichereinrichtung 25 muß außerdem darauf geachtet werden, daß die Wärmeleitungsmittel 10 nicht durch Übertemperatur geschädigt werden. Beim Einsatz von mit Frostschutz versetztem Kühlwasser kann sich dies beispielsweise durch ein Cracken von Molekülen im Bereich des Frostschutzes bemerkbar machen. Eine Verbesserung läßt sich z. B. dadurch erzielen, daß nach dem Erreichen einer bestimmten Temperatur in der Hochtemperatspeichereinrichtung 25 der Wärmeübertragungsmechanismus zwischen der Hochtemperatspeichereinrichtung 25 und den Wärmeleitungsmitteln 10 abriegelt oder vollständig unterbrochen wird. Diese Regelung des Wärmeflusses zwischen dem

Wärmeleitungsmittel 10 und der Hochtemperatspeichereinrichtung 25 kann vorzugsweise über einen wärmeleitenden Festkörper mit veränderlicher Kontaktfläche erfolgen oder, wie oben bereits bei der besonders günstigen Ausführungsform für das Einspeichern der Wärme aus dem Abgasstrang 20 in die Hochtemperatspeichereinrichtung 25 beschrieben, über einen Wärmeträgerkreislauf mit einem geeigneten Wärmeträgermedium, insbesondere Druckgas. Zu Isolierzwecken könnte dann der Kreislauf einfach abge-

sperrt werden.

[0048] Sollte die Temperatur in der Hochtemperaturspeichereinrichtung 25 trotz Abregelung eine zulässige Höchsttemperatur überschreiten, so kann eine Abfuhr von Wärme über die Kühleinrichtung 8, beispielsweise durch einen Mindestvolumenstrom, welcher durch die Ventile 11 vorgegeben wird, sichergestellt werden. 5

[0049] Die Wärme aus der Wärmespeichereinrichtung 19 und aus der Hochtemperaturspeichereinrichtung 25 kann nach Kriterien des Vorrangs der Nützlichkeit, sobald also abzusehen ist, daß im Bereich der Antriebsvorrichtung 1 aktuell keine Wärme benötigt wird, auch für andere Wärmenutzer verwendet werden. Beispiele wären hier ein Frontscheibenwärmetauscher, ein Heizwärmetauscher sowie Getriebe- bzw. Motorölwärmetauscher, Batteriewärmatauscher und dergleichen. Insbesondere der Batteriewärmatauscher stellt hier eine sehr günstige Möglichkeit der Verwendung in einem derartigen Hybridsystem dar, das insbesondere die Elektrotraktionsbatterie (nicht dargestellt), welche in derartigen Antriebsvorrichtungen 1 zu Pufferzwecken häufig eingesetzt wird, bei sehr kalten Temperaturen eine sehr ungenügende Leistungsperformance zeigt. Dabei kann die Elektrotraktionsbatterie sinnvollerweise ihre Wärme ganz zum Schluß erhalten, wenn die anderen Aggregate bereits ausreichend vorgeheizt sind. 20 25

#### Patentansprüche

1. Hybridantriebsvorrichtung, insbesondere für Fahrzeuge, mit mindestens einer Brennstoffzelle (3), einem Verbrennungsmotor (5), einem Generator (6) und/oder einem Elektromotor (7) und einer gemeinsamen Kühlseinrichtung (8) für die Brennstoffzelle (3) und den Verbrennungsmotor (5), wobei der Elektromotor (7) von der Brennstoffzelle (3) und/oder dem Verbrennungsmotor (5) mittels des Generators (6) mit Energie versorgt wird, sowie mit Wärmeleitungsmitteln (10), die den Verbrennungsmotor (5), die Brennstoffzelle (3) und die Kühleinrichtung (8) miteinander wärmeleitend verbinden, und wobei Steuermittel (11) vorgesehen sind, über die eine Steuerung eines Wärmestromes von Wärme des Verbrennungsmotors (5) zu der Kühleinrichtung (8) und/oder der Brennstoffzelle (3), von Wärme der Brennstoffzelle (3) zu der Kühleinrichtung (8) und/oder dem Verbrennungsmotor (5), und/oder von Wärme der Kühleinrichtung (8) zu dem Verbrennungsmotor (5) und/oder der Brennstoffzelle (3) erfolgt. 30 35 40 45
2. Hybridantriebsvorrichtung nach Anspruch 1, gekennzeichnet durch ein Brennstoffzellensystem (2) mit wenigstens einer Brennstoffzelle (3) und einer Gaserzeugungseinrichtung (4) zum Erzeugen von wasserstoffhaltigem Gas für die Brennstoffzelle (3) umfaßt. 50
3. Hybridantriebsvorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Brennstoffzellensystem (2) oder Komponenten (3, 4) des Brennstoffzellensystems (2) über die Wärmeleitungsmittel (10) und die Steuermittel (11) mit dem Verbrennungsmotor (5) und der Kühleinrichtung (8) wärmeleitend verbunden sind. 55
4. Hybridantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Verbrennungsmotor (5) und die Brennstoffzelle (3) bzw. das Brennstoffzellensystem (2) zum Betrieb mit dem gleichen Brennstoff vorgesehen sind. 60
5. Hybridantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß für die Brennstoffzelle (3) bzw. das Brennstoffzellensystem (2) elektrische Heizmittel (17) vorgesehen sind. 65

6. Hybridantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine mechanische Überbrückung vom Verbrennungsmotor (5) zum Elektromotor (7) und/oder zu einer Antriebsachse vorgesehen ist.

7. Hybridantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß im Bereich der Wärmeleitungsmittel (10) eine Wärmespeichereinrichtung (19) vorgesehen ist.

8. Hybridantriebsvorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß in einem Abgasstrang (20) des Verbrennungsmotors (5) eine Wärmetauscheinrichtung (24) vorgesehen ist.

9. Hybridantriebsvorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetauscheinrichtung (24) eine wärmeleitende Verbindung mit einer Hochtemperaturspeichereinrichtung (25) aufweist.

10. Hybridantriebsvorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Wärmetauscheinrichtung (24) als Rohrwärmatauscher ausgebildet ist, welcher von einem Wärmeträgermedium, insbesondere Druckgas, durchströmt ist.

11. Verfahren zum Betreiben einer Hybridantriebsvorrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei das Antriebsmoment der Antriebsvorrichtung bis zum Erreichen einer Betriebstemperatur der Brennstoffzelle (3) bzw. des Brennstoffzellensystems (2) durch den Verbrennungsmotor (5) mittels des Generators (6) und des Elektromotors (7) erzeugt und die Brennstoffzelle (3) bzw. das Brennstoffzellensystem (2) mit der Abwärme des Verbrennungsmotors (5), die über die Wärmeleitungsmittel (10) und die Steuermittel (11) zumindest teilweise zur Brennstoffzelle (3) bzw. zum Brennstoffzellensystem (2) geleitet wird, auf Betriebstemperatur erhitzt wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Brennstoffzelle (3) bzw. das Brennstoffzellensystem (2) mit dem elektrischen Heizmittel (17) auf Betriebstemperatur erhitzt wird.

13. Verfahren nach Anspruch 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, daß eine aus einem vorherigen Betrieb der Antriebsvorrichtung in der Kühleinrichtung (8) vorhandene Restwärme über die Wärmeleitungsmittel (10) und die Steuermittel (11) zum Verbrennungsmotor (5) und/oder zur Brennstoffzelle (3) bzw. zum Brennstoffzellensystem (2) geleitet wird.

14. Verfahren nach Anspruch 11, 12 oder 13, dadurch gekennzeichnet, daß bei Betrieb der Brennstoffzelle (3) und nicht im Betrieb befindlichen Verbrennungsmotor (5) die Abwärme der Brennstoffzelle (3) bzw. des Brennstoffzellensystems (2) über die Wärmeleitungsmittel (10) und die Steuermittel (11) zumindest teilweise zu dem Verbrennungsmotor (5) geleitet wird, um die Betriebstemperatur des Verbrennungsmotors (5) aufrechtzuerhalten.

15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß während des Betriebs der Hybridantriebsvorrichtung (1) anfallende Überschußwärme in einer Wärmespeichereinrichtung (19) eingespeichert wird, und daß diese Wärme bei Wärmebedarf in der Hybridantriebsvorrichtung (1) an das Wärmeleitungsmittel (10) abgegeben wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß während des Betriebs der Verbrennungsmaschine (5) im Bereich Ihres Abgasstrangs (20) anfallende Wärme in einer Hochtemperaturspeichereinrichtung (25) eingespeichert wird, und daß diese Wärme bei Wärmebedarf in der Hybridan-

triebsvorrichtung (1) der an das Wärmeleitungsmittel (10) abgegeben wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, daß zum Erwärmen von kalten Komponenten (3, 4, 5) der Hybrideantreibseinrichtung (1) zuerst die noch vorhandenen Wärme aus der Wärmespeichereinrichtung (19) und/oder aus noch warmen Komponenten (3, 4, 5) genutzt wird, wobei nach diesem Vorwärmen mit der gespeicherten Wärme auf niedrigem Temperaturniveau ein Aufheizen der jeweiligen Komponente (3, 4, 5) mit der gespeicherten Wärme auf hohem Temperaturniveau aus der Hochtemperaturspeichereinrichtung (25) erfolgt.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

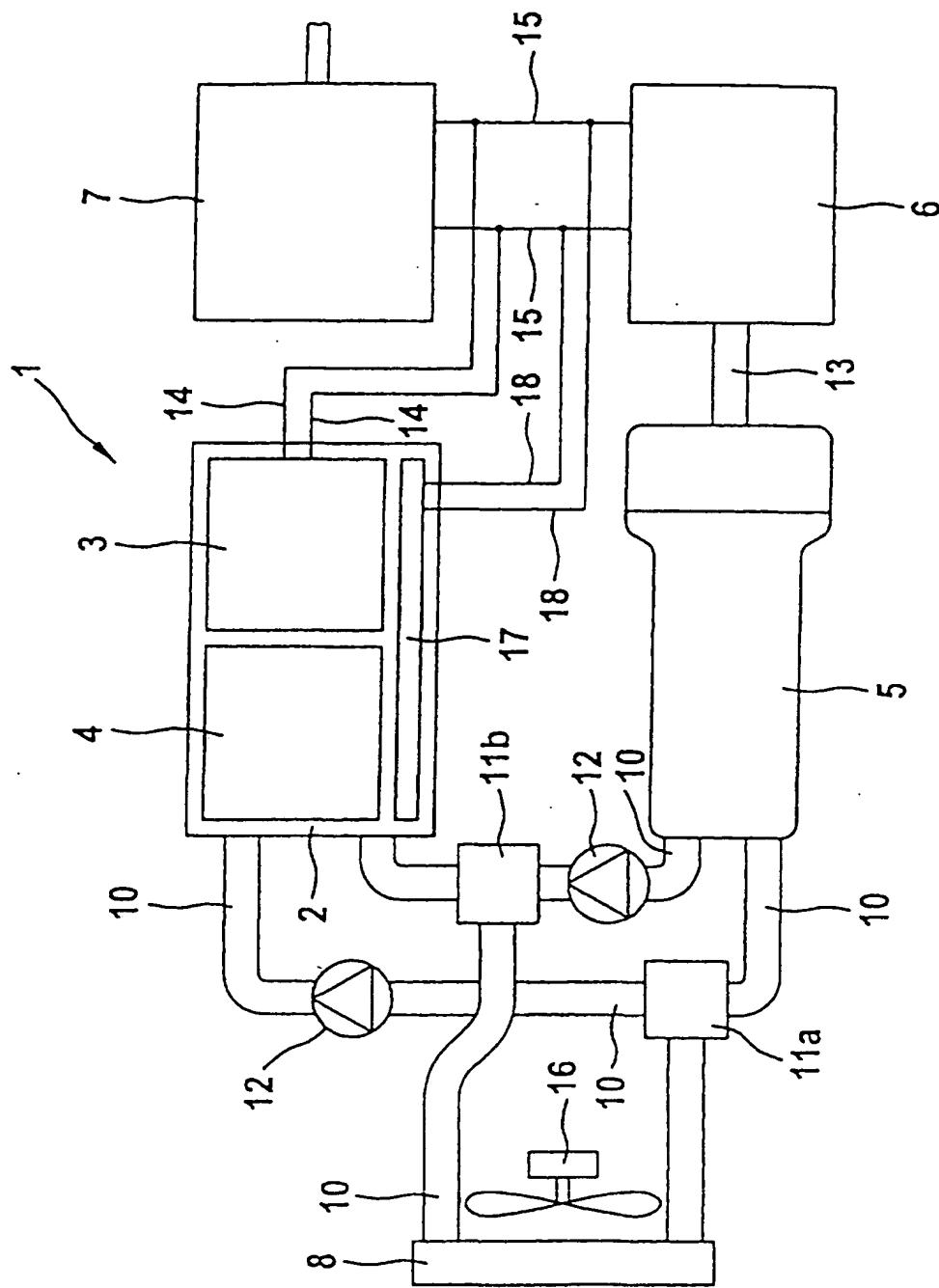


Fig. 1

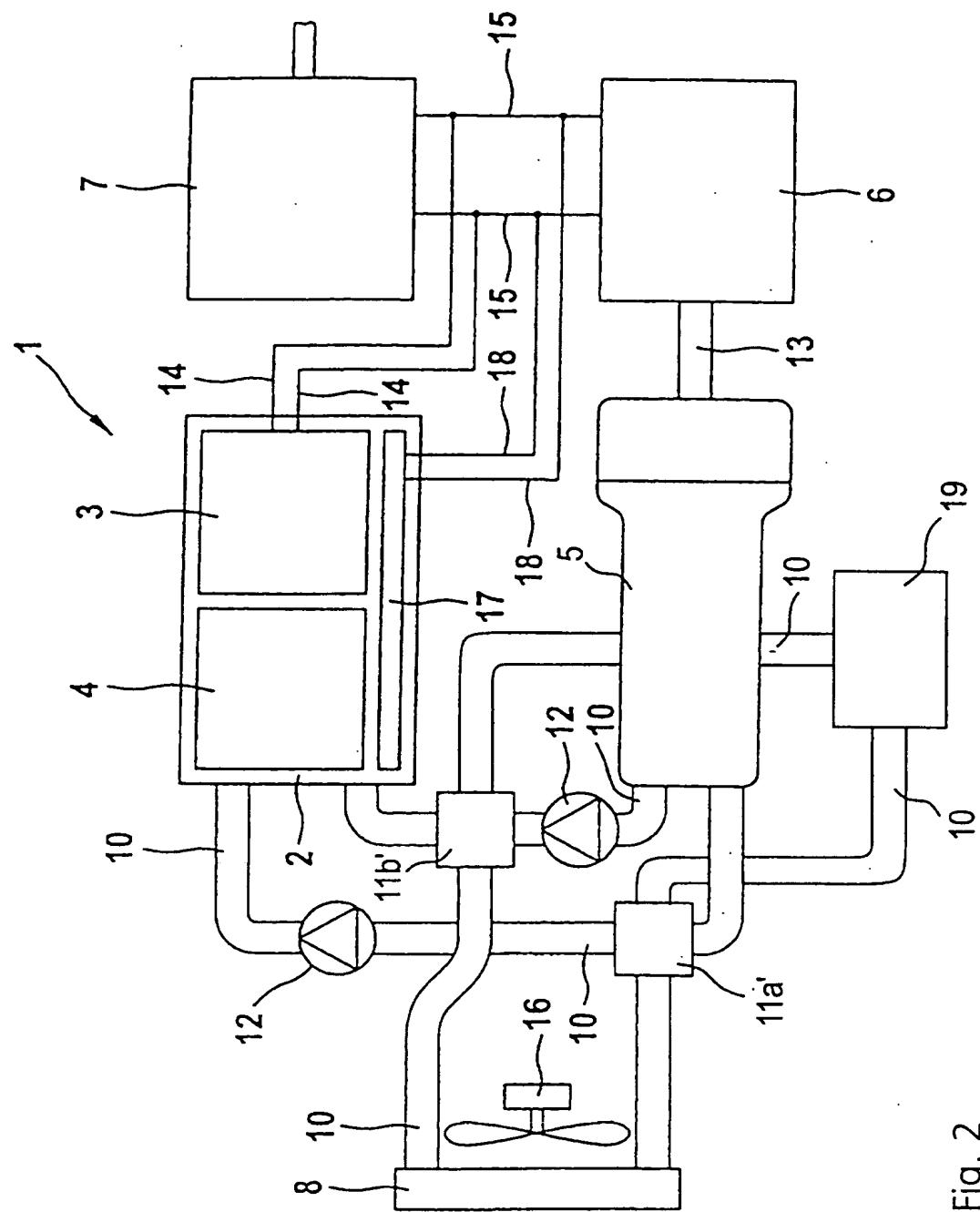


Fig. 2

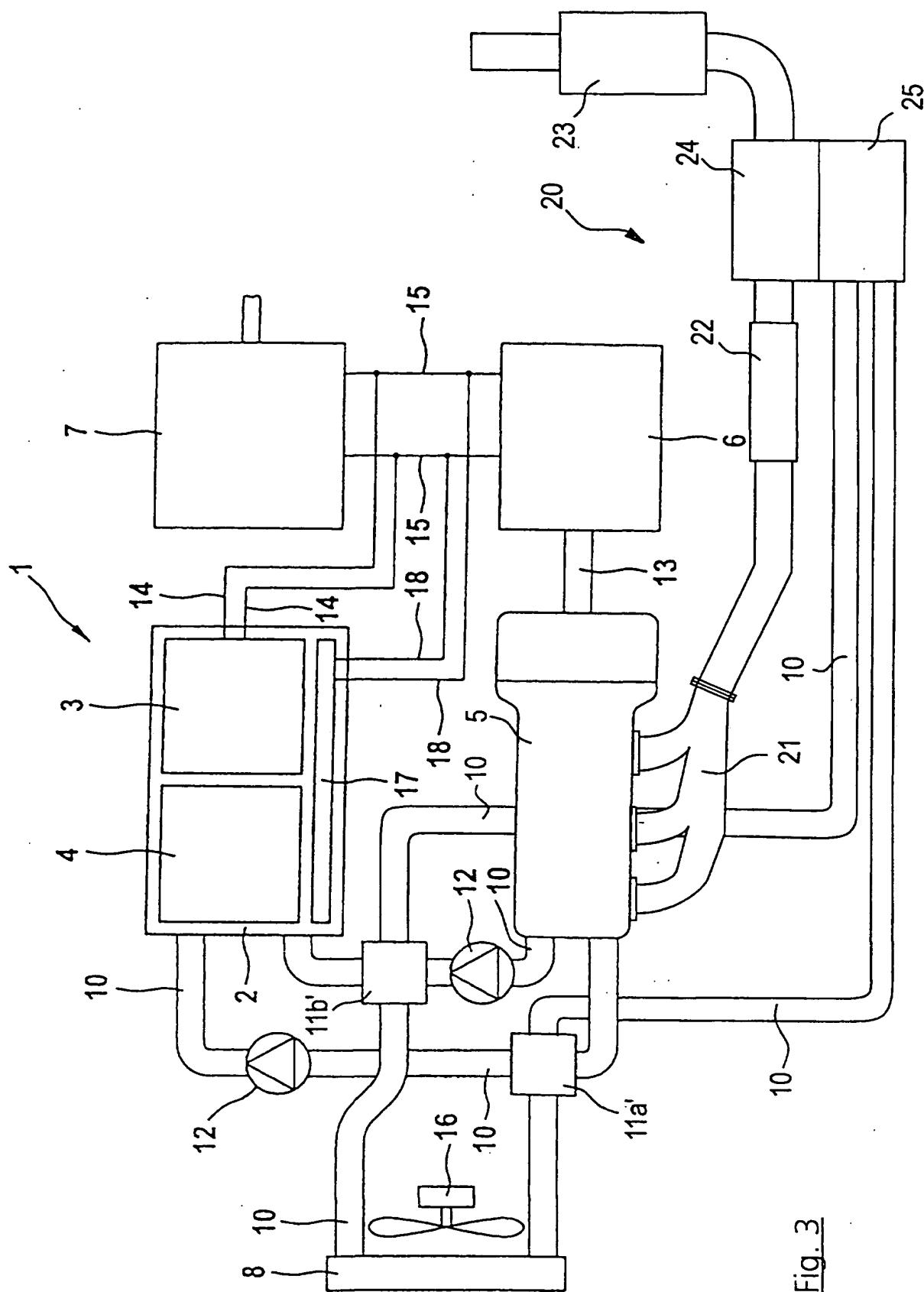


Fig. 3